

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-169175

(43)Date of publication of application : 02.09.1985

(51)Int.Cl.

H01L 39/22

(21)Application number : 59-024729

(71)Applicant : RIKAGAKU KENKYUSHO

(22)Date of filing : 13.02.1984

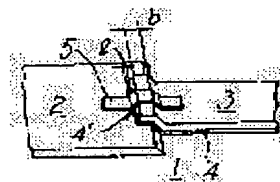
(72)Inventor : YAMASHITA TSUTOMU
OOTA HIROSHI

(54) JOSEPHSON JUNCTION ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance the product of $I_c R_N$ of a critical current (I_c) and a resistance (R_N), by using an NbN thin film for a superconductive layer, using an MgO thin film for an insulating layer and constituting a quasi-plane type Josephson element (QPJJ).

CONSTITUTION: An MgO film is formed on an Si substrate 1 by sputtering. A lower superconducting layer 2 of NbN is formed on the MgO film. An insulator layer 4 of MgO and an upper superconductive layer 3 of NbN are formed on the layer 2. A weak coupling part 5 is formed across the side surface of the thickness of the insulator layer of these laminated thin films. The upper and lower conducting layers are coupled. In this constitution, deterioration in superconductive characteristics of an interface layer between the superconductive layer and the insulator layer can be prevented.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公告

⑫ 特 許 公 報 (B 2) 平4-81874

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公告 平成4年(1992)12月25日

H 01 L 39/22

Z A A A

8728-4M

発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 弱結合ジョセフソン接合素子

⑯ 特 願 昭59-24729

⑰ 公 開 昭60-169175

⑱ 出 願 昭59(1984)2月13日

⑲ 昭60(1985)9月2日

⑳ 発 明 者 山 下 努 新潟県長岡市上除町甲1627-18

㉑ 発 明 者 太 田 浩 埼玉県和光市広沢2-2

㉒ 出 願 人 理 化 学 研 究 所 埼玉県和光市広沢2番1号

㉓ 代 理 人 弁 理 士 中 村 稔 外3名

㉔ 審 査 官 後 谷 陽 一

㉕ 参 考 文 献 特開 昭59-103390 (JP, A)

1

2

㉖ 特許請求の範囲

1 基板上に少なくとも一部が重なって形成された超伝導体-絶縁体-超伝導体の積層薄膜と、この積層薄膜の絶縁体層の厚み側面を横切つて上下の超伝導体層を結合する弱結合部とから成る弱結合ジョセフソン接合素子において、

前記の絶縁体層がMgO薄膜で、前記の超伝導体層がNbN薄膜で構成されていることを特徴とする弱結合ジョセフソン接合素子。

2 前記の下位の超伝導体層がSi基板上に形成されたMgO薄膜上に形成されている特許請求の範囲第1項に記載の弱結合ジョセフソン接合素子。

発明の詳細な説明

本発明は弱結合ジョセフソン接合素子の改良に関し、詳しくは電極材NbN、絶縁材がMgOから成る改良された準平面型ジョセフソン接合素子(Quasi-Planar Josephson Junction: 以下、「QPJJ」という)に関するものである。

QPJJは、第1図又は第3図に示すように、基板1上に少なくとも一部が重つて(第1図では部分的に向い合つて、第2図では交差して)形成された下部の超伝導体層2-中間の絶縁体層4-上部の超伝導体層3の積層薄膜と、この積層薄膜の絶縁体層4の厚み側面4'を横切つて上下の超伝導体層1、2を結合する弱結合部5とから成る弱結合ジョセフソン接合素子である(特公昭55-

7712号、特開昭57-78187号、特開昭57-104282号参照)。

このQPJJは、弱結合部(バリア)の長さ1が極めて短かく、静電容量が小さく、しかも素子の臨界電流 I_c と抵抗 R_N の積 $I_c R_N$ が大きいなど優れた特性を備えており、また機械的振動に強く、素子の幾何学的形状が量産に適するなど多くの特長を有する。

ところで、このQPJJでは、電極となる上下の超伝導体層2、3の絶縁体層4との界面層の超伝導特性の劣化、および電極材と絶縁材の相互拡散による特性の経時変化等の問題がある。特に、上下の超伝導体層の絶縁体層との界面近くの超伝導体の T_c の低下は、素子特性に大きな影響を与え、この問題の解決が望まれる。

一方、従来、第3図に示すように、MgO単結晶劈開面31上に電極としてNbN単結晶薄膜32、33でブリッジ型のジョセフソン接合素子を製作し、良好な特性を得たことが報告されている。

これは、MgOがNbNと同じ結晶構造をもち格子定数も近いためエピタキシャル成長し易く、NbN膜を単結晶化することによつて界面層の問題を解決していると考えられるが、MgO単結晶劈開面上にNbN単結晶薄膜から成る多数個の素子を製作することは困難であり、基板のコストな

と実用上問題がある。

本発明者等は、高周波スパッタ法により、Si基板上にMgO薄膜を形成し、その上にNbN薄膜を形成してその特性を検討した。その結果、MgO、NbN薄膜はいずれも単結晶ではないが、MgO (200) 面にNb_{0.85}N_{0.15}(100) 面がエピタキシャル成長し、臨界温度T_cの高いNbN薄膜が形成されることを見出した。第4図aはMgO薄膜のX線回折パターンであり、同図bはNbN/MgOを連続スパッタ成膜した場合のX線回折パターンである。第5図はSi基板上にスパッタ形成したMgO、Al₂O₃薄膜上のNbN薄膜およびSi基板上に直接スパッタ形成したNbN薄膜について、それらの臨界温度T_cの膜厚依存性を示す。同図からも明らかのように、(a)NbN/MgO/Siの場合には、100Å程度の薄い膜でも約14Kの高いT_cが得られており、この値は(b)、(c)の場合よりも数K高い。

このことは、MgOとNbN間のエピタキシャル成長に関連したものであり、MgOとNbNは単結晶ではないがその界面には、結晶格子の乱れなどによって生ずる遷移層が形成されず、境界は明確に分離された状態になっているものと考えられる。

本発明者等は上記実験結果とその考案の基に、上下の超伝導体層にNbN薄膜、絶縁層にMgO薄膜を用いたQPJJを製作した結果、前記した界面層の問題が解決され、I_cR_N積の高い素子が得られることが判った。

本発明は上記知見に基づくものであつて、基板上に少なくとも一部が重つて形成されたNbN超伝導体層-MgO絶縁体層-NbN超伝導体層の積層薄膜と、この積層薄膜の絶縁体層の厚み側面を横切つて上下の超伝導体層を結合する弱結合部とから成ることを特徴とする弱結合ジョセフソン接合素子である。

以下、実施例により本発明を詳しく説明する。

高周波スパッタ装置、フォトリソグラフィ技術、および電子ビームリソグラフィ技術を用いて、第1図に示す構造のQPJJを製作した。Si基板1上に厚み約1000Åのスパッタ成膜したMgO膜の上に、NbNの下部超伝導体層2を厚み約1400Åで幅20μm、MgOの絶縁体層4を厚み約200Å、NbNの上部超伝導体層3を厚み約2000Åで幅20μm、NbNの弱結合部5を厚み約100Åで

幅2μm、上下の超伝導体層の重なり合った部分の長さb=20μmでそれぞれ製作した。なお、成膜条件はMgOの場合；放電Arガス圧50mTorr、成膜速度約3nm/min、基板温度300℃、NbNの場合には；放電ガス圧P(Ar+N₂)≈30mTorr、成膜速度約14nm/min、基板温度300℃である。

上記で得られたQPJJのI_cR_N積とマイクロ波特性を調べた。4.2Kにおける典型的なDC-SQUIDのI-V特性を第6図に、10GHzのマイクロ波を照射したときの特性を第7図に示す。この素子のI_cR_N≈1mVであり、ほゞこの値まで明確なシャピロステップ構造が観測された。また、NbN/MgO/NbNの積層薄膜の絶縁抵抗は4.2Kでも数十KΩであり、これは弱結合部5の形成前に全ての素子について測定した。

表1に、得られた10個の素子のI_c、R_NおよびI_cR_N積を示す。

表 1

| 試料No. | I _c (μA) | R _N (Ω) | I _c R _N (mV) |
|-------|---------------------|--------------------|------------------------------------|
| 1 | 80 | 5.0 | 0.40 |
| 2 | 140 | 16.7 | 2.33 |
| 3 | 240 | 1.2 | 0.29 |
| 4 | 100 | 25.0 | 2.50 |
| 5 | 190 | 6.0 | 1.14 |
| 6 | 210 | 5.0 | 1.05 |
| 7 | 120 | 40.0 | 4.80 |
| 8 | 3.8 | 260 | 1.09 |
| 9 | 7.0 | 150 | 1.05 |
| 10 | 7.5 | 180 | 1.35 |

素子間のバラツキは少しあるが、大体1mV程度の高いI_cR_N積が得られていることが判る。この値は、ΔNbN(4.2K)≈2.42mV(T_c≈16K)から計算される弱結合トンネル接合の場合の値、3.8mVより低い。試料7の素子ではI_cR_N≈4.8mVが得られており、この値はDirty Limitの値(NbNの平均自由行程が弱結合部の長さより短い場合の値)、5.0mVに近く、極めて優れた素子であることが理解される。

図面の簡単な説明

第1図と第2図はQPJJの構造を拡大して示す斜視図、第3図は従来のMgO単結晶劈開面上にNbN単結晶薄膜で形成したブリッジ型素子の拡

5

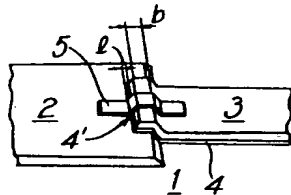
6

大平面図、第4図a, bは本発明の実験例で得られたMgO、NbN薄膜のX線回折パターンを示すグラフ、第5図は本発明の実験例で得られたNbN薄膜の臨界温度 T_c の膜厚依存性を示すグラフ、第6図と第7図は本発明の実施例で得られた素子のI-V特性とマイクロ波特性をそれぞれ示すグ

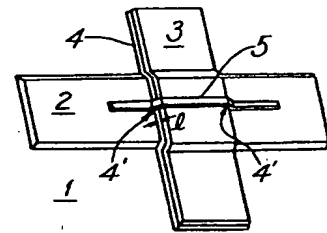
ラフ。

(図中の符号)、1……基板、2, 3……超伝導体層、4……絶縁体層、5……弱結合部、1……弱結合部の長さ、b……超伝導体層の重なり合った部分の長さ。

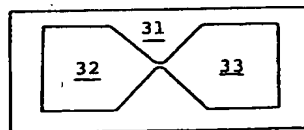
第1図



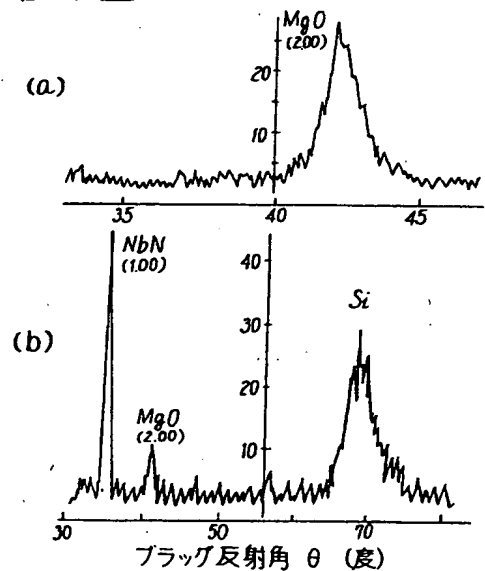
第2図



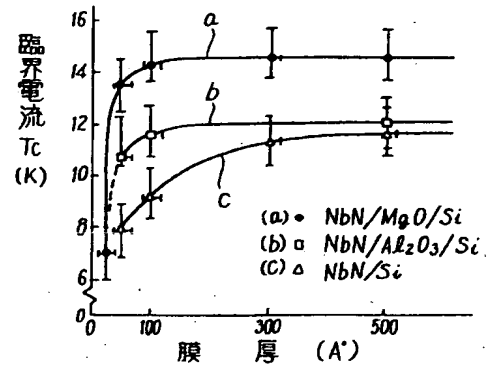
第3図



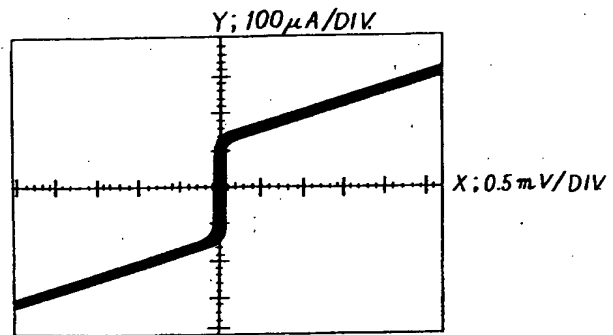
第4図



第 5 図



第 6 図



第 7 図

